

(12) **Patentschrift**  
(11) **DE 3412014 C1**(51) Int. Cl. 4:  
**H01L 41/08**  
H 01 S 3/086

(21) Aktenzeichen: P 34 12 014.9-35  
 (22) Anmeldetag: 31. 3. 84  
 (43) Offenlegungstag: —  
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 17. 10. 85

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

## (73) Patentinhaber:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5000 Köln, DE

## (74) Vertreter:

Grafs, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 3300 Braunschweig

## (72) Erfinder:

Rodloff, Rüdiger, Dr., 3176 Meinersen, DE; Jungbluth, Werner, 3308 Königslutter, DE

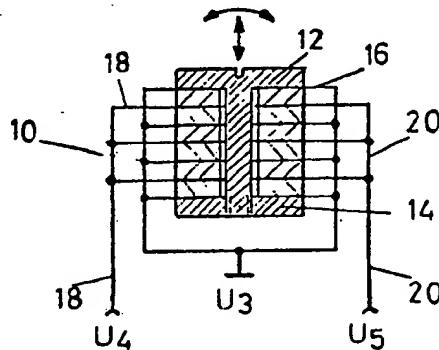
## (56) Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 29 00 609  
 DE-OS 19 19 219  
 US 41 13 387  
 US 40 87 715

Behördeneigentum

## (54) Piezokeramischer Stellantrieb zur Erzeugung von Translationsbewegungen

Piezokeramischer Stellantrieb zur Erzeugung von Translations- und Winkelbewegungen, insbesondere an Spiegeln von Ringlasern, mit zu einer Säule zusammengefaßten Piezoscheiben, die so polarisiert sind, daß die Dehnungsrichtung und die Richtung des elektrischen Feldes parallel liegen. Die Piezoscheiben sind einseitig mit einer vollen Kontaktfläche und auf der anderen Seite symmetrisch in elektrisch voneinander getrennte Kontaktsegmente aufgeteilt, die mit gesonderten elektrischen Anschlüssen versehen sind.



## Patentansprüche:

1. Piezokeramischer Stellantrieb zur Erzeugung von Translationsbewegungen mit unter mechanischer Vorspannung zu einer Säule zusammengefaßten Piezoscheiben, die so polarisiert sind, daß die Dehnungsrichtung und die Richtung des elektrischen Feldes parallel liegen und beidseitig mit Kontaktflächen versehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche auf einer Seite wenigstens einer der Piezoscheiben symmetrisch in elektrisch voneinander getrennte Flächen (6, 8; 24-30) aufgeteilt ist, die mit gesonderten elektrischen Anschlüssen versehen sind.

2. Piezokeramischer Stellantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei symmetrische Flächen (6, 8) vorgesehen sind.

3. Piezokeramischer Stellantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier symmetrische Flächen (24-30) vorgesehen sind.

Die Erfindung bezieht sich auf einen piezokeramischen Stellantrieb nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Piezokeramische Stellantriebe der genannten Art werden beispielsweise eingesetzt zur Parallelverstellung von Eckspiegeln in Ringlasern. Mit ihnen wird die optische Weglänge oder Resonanzraumlänge des Ringlasers konstant gehalten (DE-OS 19 19 219).

Zur Vergrößerung des mit einer 33-kontaktierten Piezoscheibe erreichbaren Stellweges ist es bekannt, bei piezokeramischen Stellantrieben der genannten Art die Piezoscheiben mit einem Zentralbereich und einem Umfangsbereich zu versehen, die einander entgegengesetzte Polaritäten aufweisen, so daß sich der erreichbare Hub in etwa verdoppelt. Durch die damit verbundene Halbierung der Stapelhöhe soll gleichzeitig eine höhere Steifigkeit erreicht werden. Piezoscheiben dieser Art sind schwierig herzustellen (DE-OS 29 00 609).

Es ist bekannt, daß durch thermische oder mechanische Verformungen des zentralen Trägerblocks eines Ringlaserkreisels nicht nur Längenfehler auftreten, die durch die Translationsbewegung der Spiegel korrigierbar sind, sondern zusätzlich Verbiegungen, zu deren Kompensation die Spiegel drehbar sein müssen. Als piezokeramischer Stellantrieb, mit dem sowohl eine Translation als auch eine Kippbewegung der Spiegel durchgeführt werden kann, ist ein bimorphes, 31-kontaktiertes Stellelement bekannt, das aus zwei piezokeramischen Platten besteht, zwischen denen eine elektrische Leiterplatte angeordnet ist, wobei auf der Außenseite jeweils segmentierte Kontaktplatten angeordnet sind. Gegenüberliegende Kontaktsegmente sind dabei parallel an jeweils einen Pol einer Spannungsquelle angeschlossen. Durch unsymmetrische Spannungsgradienten kommt es dabei zu einer Rotationsbewegung im Zentrum des Stellelementes, die über ein in sich verbiegbares Übertragungselement auf den Spiegel übertragen wird. Bei einer solchen Anordnung stehen für die Stellbewegung nur geringe Kräfte zur Verfügung und der Spiegel ist bei der Kippbewegung schlecht geführt (US-PS 41 13 387).

Es ist weiter ein rohrförmiges 31-kontaktiertes Stellelement aus piezokeramischem Material bekannt, das

auf seiner Innenseite mit einer durchgehenden Kontaktfläche und auf der Außenseite mit einer Mehrzahl bogenförmiger Kontaktflächen sowie einer axial im Abstand davon angeordneten ringförmigen Kontaktfläche versehen ist, wobei die außen liegenden Kontaktflächen elektrisch voneinander getrennt und jeweils unabhängig mit einer Spannungsquelle verbindbar sind. Auch bei einem solchen Antrieb stehen für die Stellbewegung nur geringe Kräfte zur Verfügung (US-PS 40 87 715).

10 Aufgabe der Erfindung ist es, einen piezokeramischen Stellantrieb der gattungsgemäßen Art zu schaffen, mit dem mit hohen Stellkräften auch hochgenaue Kippbewegungen erzeugbar sind.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung bei einem 15 Gegenstand nach dem Oberbegriff durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 herausgestellten Merkmale gelöst.

Zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

20 Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise veranschaulicht und im nachstehenden im einzelnen anhand der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Stellantrieb in einer ersten Ausführungsform;

25 Fig. 2 zeigt in Draufsicht die beiden Seiten einer Piezoscheibe;

Fig. 3 zeigt in Draufsicht auf die Seite mit getrennten Kontaktflächen eine weitere Ausführungsform einer Piezoscheibe;

30 Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Stellantriebes;

Fig. 5 zeigt schematisch einen Ringlaser;

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform eines Eckspiegels eines Ringlasers mit einem Stellantrieb.

35 Für den Stellantrieb werden nach Fig. 2 runde 33-kontaktierte piezokeramische Scheiben 2 verwendet, bei denen das piezokeramische Material beidseitig mit Kontaktflächen 4, 6, 8 versehen ist. Die Kontaktfläche 4 auf der einen Seite ist eine durchgehende Kontaktfläche, während auf der gegenüberliegenden Seite die Kontaktfläche symmetrisch in zwei elektrisch gegeneinander isolierte Kontaktsegmente 6, 8 aufgeteilt ist, die symmetrisch beiderseits einer Symmetrielinie x angeordnet sind.

40 45 Der Stellantrieb 10', der in Fig. 1 dargestellt ist, besteht aus einer Säule von piezokeramischen Scheiben 2, die auf einem als Schraube ausgebildeten Halteelement 12 angeordnet sind. Die Scheiben werden auf dem Haltelement 12 durch eine Mutter 14 gehalten.

50 Die Kontaktflächen 4, 6 und 8 sind jeweils mit gesonderten elektrischen Anschlüssen versehen. Die Anschlüsse 16 der durchgehenden Kontaktflächen sind parallel geschaltet und an ein gemeinsames Potential  $U_3$  gelegt. Die Anschlüsse 18, die beispielsweise den Kontaktflächen 6 zugeordnet sind, sind an ein Potential  $U_4$  und die Anschlüsse 20, die den Kontaktflächen 8 zugeordnet sind, an ein Potential  $U_5$  angeschlossen. Die Symmetrielinie x der beiden Kontaktflächen 6, 8 liegt in Fig. 1 senkrecht zur Zeichenebene.

55 60 65 Die piezokeramischen Scheiben 2 sind so polarisiert, daß die Dehnungsrichtung und die Richtung des elektrischen Feldes parallel liegen (33-Betrieb). Das Potential  $U_3$  kann ein Nullpotential sein. Wird nun an die Anschlüsse 18 und 20 eine gleich große positive Gleichspannung angelegt, dehnt sich die Säule aus den piezokeramischen Scheiben aus, wenn die in den Piezoscheiben eingeprägte Polarisation von gleicher Polarität ist wie die Spannung. Wird die Spannung an den Anschlüssen

sen 18 und 20 negativ, zieht sich die Säule zusammen. Der Stellantrieb führt damit eine Translationsbewegung aus, wie in Fig. 1 durch den in Achsrichtung eingezeichneten Doppelpfeil angedeutet. Um Depolarisationseffekte zu vermeiden, sind bei den meisten bekannten Piezomaterialien Felder, die größer als 500 V/mm sind, zu vermeiden.

Werden die Spannungen  $U_4$  und  $U_5$  an den Anschlüssen 18 und 20 unsymmetrisch eingestellt, kommt es in dem Bereich der Kontaktsegmente 6 und 8 zu unterschiedlichen Dehnungen. Damit erfährt der Stellantrieb nicht nur eine Translationsbewegung, sondern zusätzlich eine Kippbewegung der Deckplatte der Schraube 12, wie durch den gekrümmten Doppelpfeil in Fig. 1 angedeutet. In Abhängigkeit vom Verhältnis der beiden Steuerspannungen  $U_4$  und  $U_5$  lassen sich mit diesem Piezo-Stellantrieb von der reinen Kippbewegung, wenn  $U_4$  und  $U_5$  gleich groß sind, aber entgegengesetztes Vorzeichen haben, bis zur reinen Translationsbewegung, wenn  $U_4$  und  $U_5$  nach Betrag und Vorzeichen gleich sind, alle Übergangsformen der Bewegung einstellen.

Eine Kippbewegung um zwei Achsen lässt sich mit einer Ausführungsform der piezokeramischen Scheiben nach Fig. 3 erreichen. Bei der hier dargestellten Scheibe 22 ist die eine Seite wie bei der Ausführungsform nach Fig. 2 mit einer durchgehenden Kontaktfläche versehen. Auf der gegenüberliegenden Seite der Scheibe sind vier Kontaktsegmente 24, 26, 28 und 30 vorgesehen, die symmetrisch zu den beiden senkrecht aufeinanderstehenden Symmetrieachsen  $x$  und  $y$  liegen. Jedes dieser vier Kontaktsegmente ist mit einem Anschluß versehen. Die vier Kontaktsegmente können dabei wahlweise an die Spannungspotentiale angeschlossen werden. Durch Zusammenschalten der Kontaktsegmente 24 und 26 einerseits und 28 und 30 andererseits lassen sich Kippbewegungen um die  $y$ -Achse durchführen und durch Zusammenschalten der Kontaktsegmente 24 und 28 einerseits und 26 und 30 andererseits Kippbewegungen um die  $x$ -Achse. Auf diese Weise lassen sich Kippbewegungen um zwei um  $90^\circ$  versetzte Achsen durchführen. Es ist weiter möglich, jeweils zwei gegenüberliegende Kontaktsegmente, nämlich 24 und 30 bzw. 26 und 28 an unterschiedliche Spannungspotentiale anzulegen. Auf diese Weise lassen sich dann Kippbewegungen um Achsen erreichen, die um  $45^\circ$  gegen die Achsen  $x$  und  $y$  versetzt liegen. Durch Anlegen aller vier Kontaktsegmente 24, 26, 28 und 30 an gleiches Spannungspotential wird eine Translationsbewegung erzeugt.

Eine abgewandelte Ausführungsform eines Stelltriebes ist in Fig. 4 dargestellt. Hier ist wiederum auf einer als Schraube ausgebildeten Halterung 32 ein Stapel von piezokeramischen Scheiben angeordnet, die durch eine Mutter 34 zusammengepreßt sind. Die Scheiben zwischen den gestrichelten Linien I und II sind hierbei entsprechend Fig. 2 bzw. Fig. 3 ausgebildet. Diese Scheiben erzeugen die Kippbewegungen. Zwischen den gestrichelten Linien II und III sind dagegen beidseitig voll kontaktierte piezokeramische Scheiben angeordnet, durch die eine Längenänderung und damit eine Translationsbewegung herbeigeführt wird. Alle durchgehenden Kontaktflächen auf einer Seite der piezokeramischen Scheiben in beiden Bereichen liegen an einem Anschluß 10, an dem ein Potential  $U_3$  anliegt. Die gegenüberliegenden Kontaktflächen der piezokeramischen Scheiben im Bereich II—III liegen an einem Anschluß 11, an dem ein Potential  $U_9$  anliegt. Die Kontaktflächen 6 und 8 der piezokeramischen Scheiben im Bereich I—II

liegen jeweils an Anschlüssen 40 bzw. 42 mit den Potentialen  $U_4$  bzw.  $U_5$ . Zusätzlich ist es selbstverständlich möglich, auch Schaltmittel vorzusehen, um die beiden Anschlüsse 40 und 42 an den Anschluß 38 und damit auf das Potential  $U_9$  zu legen und so die gesamte Säule von piezokeramischen Scheiben zur Erzeugung von Translationsbewegungen zu benutzen, wenn bei kleinen gewünschten Kippbewegungen große Translationsbewegungen bei kleinstmöglicher Baulänge des Stelltriebes durchgeführt werden sollen.

In Fig. 5 ist ein Laserkreisel in Draufsicht schematisch dargestellt. Auf dem Trägerblock 44 mit den Kavitäten 46 für den Strahlweg sind drei Eckspiegel 48, 50, 52 angeordnet, von denen der Eckspiegel 48 mit einem Stellantrieb 54 versehen ist, der in der oben beschriebenen Weise ausgebildet ist. Dieser Eckspiegel 48 ist in Fig. 6 vergrößert dargestellt. Der Trägerblock 44 ist hier mit einer angeschliffenen Auflagefläche 56 vorgesehen, auf der der Eckspiegel 48 aufliegt. Der einteilig ausgebildete Eckspiegel 48 weist den Spiegelträger 58 auf, der in einer Membran 60 liegt, die symmetrisch innerhalb eines Rahmens 62 liegt, mit der der Eckspiegel an der Auflagefläche 56 anliegt. In einer Widerlagerscheibe 64 ist eine Aufnahme 66 für einen Stellantrieb 68 ausgebildet, der mit einem Ende in einer Ausnehmung 70 auf der Rückseite des Spiegelträgers eingreift. Der Stellantrieb wird über Distanzscheiben 72 unter Vorspannung in Anlage gegen die Rückseite des Spiegelträgers 58 gehalten. Bei entsprechender Vorspannung werden die Kipp- und Translationsbewegungen des Stelltriebes hochgenau auf den Spiegelträger übertragen. Wegen der relativ hohen Antriebskraft, die mit dem Stellantrieb aufbringbar ist, kann die Membran 60 relativ steif ausgeführt werden. Der Spiegel kann damit gen Translations- und Rotationsbeschleunigungen unempfindlich ausgebildet werden. Dies ist für Laserkreisel, die zur Umgebung des Lock-in-Problems in Dreh schwingungen versetzt werden müssen, ein erheblicher Vorteil.

Mit dem beschriebenen Stellantrieb ist es möglich, für die Konstanthaltung des Strahlungsweges einen relativ großen Hub zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus werden die Kippbewegungen der Eckspiegel um deren in der Strahlenebene liegende horizontale bzw. dazu senkrecht stehenden Achsen mit hoher Präzision durchgeführt. Im allgemeinen sind Drehwinkel von 1 bis  $2''$  zur Kompensation thermischer oder mechanischer Vorspannungen des Trägerblocks 44 ausreichend. Dieses Anforderungsprofil wird in hervorragender Weise von den beschriebenen Stelltrieben erfüllt.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

- Leerseite -

